



12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21) Anmeldenummer: 89119922.6

51) Int. Cl. 5: G05B 19/405

22) Anmeldetag: 26.10.89

30) Priorität: 11.11.88 DE 3838346

71) Anmelder: Siemens Aktiengesellschaft
Wittelsbacherplatz 2
D-8000 München 2(DE)

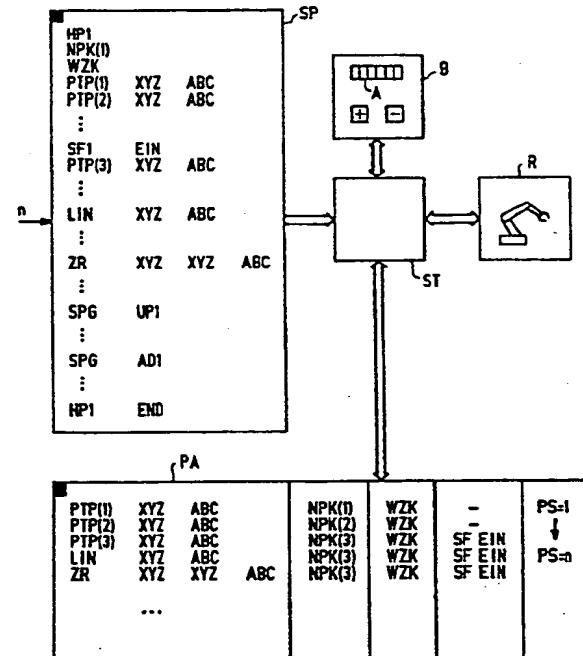
43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
16.05.90 Patentblatt 90/20

72) Erfinder: Bold, Rainer, Dipl.-Ing.
Max-Planck-Strasse 35A
D-8520 Erlangen(DE)
Erfinder: Fuehrer, Diethelm, Dipl.-Ing.
Erlanger Strasse 11
D-8525 Uttenreuth(DE)

84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR IT SE

54) Verfahren zum Betrieb eines Industrieroboters.

57) Der Steuerung (ST) eines Roboters (R) ist ein Programmablaufspeicher (PA) zugeordnet. In diesem werden während des Ablaufs des regulären Programms fortlaufend die resultierenden Weginformationen abgelegt. Beim Auslösen eines Start-Minus-Befehls durch einen Bediener wird eine Rückwärtsbewegung des Roboters anhand der im Programmablaufspeicher (PA) abgefragten Daten ermöglicht. Mit einem Start-Plus-Befehl kann der Roboter wieder zum Ort des Einsatzes der Rückwärtsbewegung verfahren werden, wo dann wieder ein Einsprung in das reguläre Programm möglich ist. Das Verfahren ist insbesondere auch beim Vorliegen von verzweigten gegebenenfalls mit parametrisierten Daten versehenen Programmen verwendbar.



EP 0 368 088 A1

Verfahren zum Betrieb eines Industrieroboters

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betrieb eines Industrieroboters gemäß einem die geplante Vorwärtsbewegung steuernden Programm mit Hilfe einer numerischen Steuerung, wobei das Programm neben parametrisierbaren Weginformationen für den Betrieb relevante Zusatzinformationen beinhaltet und wobei das Programm von einem Hauptprogramm in mindestens ein Unterprogramm verzweigbar ist.

Derartige Verfahren werden bei handelsüblichen Robotern eingesetzt, wenn komplexe Bewegungsabläufe beispielsweise für unterschiedliche Technologien vorzusehen sind. Bestimmte Betriebszustände, insbesondere Störzustände, machen es aber u.U. erforderlich, die geplante Vorwärtsbewegung abzubrechen und die Bewegungsfolge in umgekehrter Reihenfolge als Rückwärtsbewegung auszuführen. Wenn jedoch verzweigte Programme und parametrisierte Weginformationen vorliegen, ist eine einfache inverse Bearbeitung des Bewegungsprogrammes unmöglich.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren der eingangs genannten Art so auszubilden, daß in technisch einfacher Weise ein Rückwärtsbearbeiten eines Roboterprogramms möglich ist.

Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß der Steuerung ein Programmablaufspeicher beigeordnet ist, der während der jeweiligen Vorwärtsbewegung fortlaufend die jeweils aktuellen Weginformationen mit einem Verweis auf den jeweils zugrundeliegenden aktuellen Programmschritt speichert, daß über ein Bediengerät ein Start-Minus-Befehl an die Steuerung leitbar ist, die daraufhin den Programmablaufspeicher als Datenbasis für eine Rückzugsbewegung verwendet, und daß vom Bediengerät die bei der Rückwärtsbewegung jeweils erreichten ursprünglich zugrunde liegenden Programmschritte anzeigbar sind. Diese Anzeige der jeweils beim Rückwärtsbearbeiten erreichten Programmschritte, ermöglicht es dem Bediener, während der Rückwärtsbewegung die Konsistenz zur Vorwärtsbewegung zu überwachen.

Eine erste vorteilhafte Ausbildung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß während der Rückzugsbewegung durch einen Start-Plus-Befehl wieder die Vorwärtsbewegung ausgelöst wird, wobei von der Steuerung der Programmablaufspeicher bis zum Ort des zugrundeliegenden Start-Minus-Befehls als Datenquelle verwendbar ist, und daß erst dort eine Rückkehr in das ursprüngliche Programm erfolgt. Damit kann die Rückwärtsbearbeitung wieder aufgehoben werden und an der passenden Stelle des die Vorwärtsbewegung steuernden Programms erfolgt dann wieder ein Einstieg in eben dieses Programm.

Dadurch, daß den Weginformationen die relevanten Nullpunkt- und Werkzeugkorrekturdaten beigeistellt werden, ist eine ausgesprochen einfache Orts- bzw. Wegbestimmung auch während der Rückwärtsbearbeitung stets gewährleistet.

Derartige Verfahren werden bei handelsüblichen Robotern eingesetzt, wenn komplexe Bewegungsabläufe beispielsweise für unterschiedliche Technologien vorzusehen sind. Bestimmte Betriebszustände, insbesondere Störzustände, machen es aber u.U. erforderlich, die geplante Vorwärtsbewegung abzubrechen und die Bewegungsfolge in umgekehrter Reihenfolge als Rückwärtsbewegung auszuführen. Wenn jedoch verzweigte Programme und parametrisierte Weginformationen vorliegen, ist eine einfache inverse Bearbeitung des Bewegungsprogrammes unmöglich.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren der eingangs genannten Art so auszubilden, daß in technisch einfacher Weise ein Rückwärtsbearbeiten eines Roboterprogramms möglich ist.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden näher erläutert.

In Form eines blockförmigen Schaubildes ist dabei ein Roboter R gezeigt, dessen Bewegungen von einer Steuerung ST gelenkt werden. Die Bewegung des Roboters R erfolgt dabei gemäß einem Programm, das in einem Speichermedium SP abgelegt ist. Ferner sind über ein Bediengerät B manuelle Eingaben an die Steuerung ST möglich und ebenso ist im Bediengerät B eine Anzeige A zum Visualisieren von Betriebszuständen der Steuerung ST bzw. des Roboters R vorgesehen.

Gemäß der Erfindung ist die Steuerung ST jedoch nicht nur mit dem Speichermedium SP verbunden, sondern es ist ein zusätzlicher Programmablaufspeicher PA vorgesehen, auf dessen Funktion im folgenden noch eingegangen wird. Die einzelnen Blöcke der Anordnung stehen in einem durch Richtungspfeile angedeuteten Datenaustausch miteinander.

Es sei zunächst ein die geplante Vorwärtsbewegung des Roboters R bestimmendes Programm im Speichermedium SP beispielhaft angegeben. Das Programm möge mit einem Befehl HPI beginnen, der darauf hinweist, daß ein Hauptprogramm startet. Daraufhin folgt ein Befehl NPK, der Werte für eine relevante Nullpunktkorrektur angibt. Eine Ergänzung dieses Befehls NPK in der Darstellung mit einem Vermerk (1) soll darauf hinweisen, daß es sich bei dieser Nullpunktkorrektur um die erste im Programm erfolgende Nullpunktkorrektur handelt, die bedarfsweise durch weitere Nullpunktkorrekturen ersetzt werden kann. Als nächstes folgt ein Befehl WZK für die Werkzeugkorrektur, dem

sich ein Befehl PTP (point-to-point) anschließt, dessen relevante Raumkoordinaten durch X, Y und Z und dessen relevante Richtungen durch Werte A, B und C angegeben sind. Diesem Befehl kann sich beispielsweise ein weiterer Befehl PTP mit ebenfalls Werten X, Y, Z und A, B, C anschließen, wobei die zweitgenannten Werte von X, Y und Z sowie A, B und C selbstverständlich andere Werte annehmen können als die dem vorgenannten PTP-Befehl zugeordneten entsprechenden Werte. Zur Unterscheidung ist daher in der Darstellung den beiden Befehlen PTP jeweils ein Hinweis (1) bzw. (2) hinzugefügt.

Nach einer durch eine Punktierung angedeuteten Abfolge von Befehlen mag dann beispielsweise ein Befehl SF EIN einsetzen, der eine Sensorfunktion schaltet. Diesem Befehl mag sich dann ein dritter Befehl PTP (3) XYZ ABC anschließen. Wiederum nach einigen Programmschritten bei einem Programmschritt n möge dann ein Befehl LIN für einen Linearsatz erfolgen, dessen Koordinaten X, Y und Z bzw. Richtungen A, B und C ebenfalls im Programm angegeben werden. Nach einigen weiteren Befehlen folgt dann ein Zirkularsatz ZR mit zwei Raumkoordinaten X, Y und Z sowie Richtungswerte A, B und C, woraufhin ein Sprung in ein Unterprogramm UP1 mit Hilfe eines Befehls SPG UP1 vorgenommen wird.

Die im Hauptprogramm HP1 angegebenen Koordinaten können sowohl in Form echter Orts-Weg- und Richtungsformationen (im folgenden durchweg als Weginformationen bezeichnet) vorliegen als auch parametrisiert vorgegeben werden. Im letztgenannten Fall ist hierbei nicht nur ein Sprung in Unterprogramme, z.B. das Unterprogramm UP1, sondern beispielsweise auch ein Sprung auf spezielle Adressen möglich, wie dies durch einen Befehl SPG AD1 als Sprung auf eine Adresse AD1 angekündigt ist. Das gesamte Programm wird letztendlich durch einen Befehl HP1 END beendet.

Während des Abarbeitens des Programms des Speichermediums SP in der Steuerung ST werden die jeweils für die Bewegung des Roboters R sich ergebenden relevanten Informationen fortlaufend im Programmablaufspeicher PA abgelegt und zwar so, daß dabei jeweils Weginformationen gespeichert werden. Beim Abarbeiten des oben dargelegten Programms werden dazu die Befehle PTP (1) XYZ ABC, PTP (2) XYZ ABC, PTP (3) XYZ ABC und die Befehle LIN XYZ ABC und ZR XYZ XYZ ABC nacheinander nicht parametrisiert, sondern mit ihren resultierenden Werten gespeichert. Wenn allein aus diesen Befehlen nicht sofort die endgültigen Weginformationen für den Roboter R ersichtlich sind, werden zusätzlich jeweils die im entsprechenden Programmschritt aktuellen Werte für Nullpunkt-korrektur NPK und Werkzeugkorrektur WZK mitgeführt. Ferner werden parallel zu den Weginforma-

tionen auch alle für eine Rückwärtsbearbeitung relevanten Zusatzinformationen parallel abgespeichert. So wird im Ausführungsbeispiel als eine Möglichkeit die Sensorfunktion SF EIN mitgeführt, damit bei einem Rückwärtsbearbeiten für einen derartigen Sensor beispielsweise die Umkehrung einer bahnbezogenen Regelrichtung bei der An-drukregelung erfolgen kann. Des Weiteren wird zu jedem relevanten wegbestimmenden Wert auch der jeweils zugehörige Programmschritt PS im Programmablaufspeicher PA mitgeführt. Im Ausführungsbeispiel ist beispielsweise der Befehl LIN XYZ ABC mit n bezeichnet und eben dieser Wert n findet sich daher auch im Programmablaufspeicher PA.

Wenn die Vorwärtsbearbeitung entsprechend dem im Speichermedium SP abgelegten Programm bis zum Befehl n erfolgt ist, finden sich dann im Programmablaufspeicher PA die in der Darstellung gezeigten Befehle mit Ausnahme des Befehls ZR XYZ XYZ ABC. Es sei angenommen, daß an dieser Stelle des Programmes von einem Bediener eine Rückwärtsbearbeitung gewünscht wird. Dazu wird vom Bediener zum Auslösen eines Start-Minus-Befehls eine Taste "-" des Bediengerätes B betätigt und die Steuerung ST entnimmt nun für die Steuerung des Roboters R die relevanten Wegdaten dem Programmablaufspeicher PA. Dieser wird dann fortlaufend entgegen seiner Einschreiberichtung ausgelesen und steuert die Bewegung des Roboters R. Dabei dienen die im Programmablaufspeicher PA mitgeführten Verweise auf die Programmschritte PS des zugrundeliegenden, im Speichermedium SP abgelegten Programms dazu, daß eben diese Programmschritte auf der Anzeige A des Bediengerätes B dem Bediener aufgezeigt werden. Der Bediener ist daher stets darüber informiert, wo er sich im ihm vertrauten, die Vorwärtsbewegung steuernden Programm befindet.

Die Rückwärtsbewegung wird solange aufrecht erhalten, bis vom Bediener über das Bediengerät B durch Betätigen einer Taste "+" eines Start-Plus-Befehls ausgelöst wird, woraufhin der Programmablaufspeicher PS mit invertierter Richtung ausgelesen wird, um nunmehr eine Vorwärtsbewegung des Roboters R zu steuern. Dieser Vorgang kann solange erfolgen, bis im Programmablaufspeicher PA der Punkt erreicht ist, bei dem der Sprung in die Rückwärtsbearbeitung erfolgt ist. Von diesem Zeitpunkt an wird die Steuerung ST wieder mit den Daten aus dem Speichermedium SP versorgt.

Die der Erfindung zugrundeliegende Idee könnte durchaus auch auf vielachsige Werkzeugmaschinensteuerungen übertragen werden.

Ansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Industrieroboters gemäß einem die geplante Vorwärtsbewegung steuernden Programm mit Hilfe einer numerischen Steuerung, wobei das Programm neben parametrisierbaren Weginformationen für den Betrieb relevante Zusatzinformationen beinhaltet und wobei das Programm von einem Hauptprogramm in mindestens ein Unterprogramm verzweigbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Steuerung (ST) ein Programmablaufspeicher (PA) beigeordnet ist, der während der jeweiligen Vorwärtsbewegung fortlaufend die jeweils aktuellen Weginformationen mit einem Verweis auf den jeweils zugrundeliegenden Programmschritt speichert, daß über ein Bediengerät (B) ein Start-Minus-Befehl an die Steuerung (ST) leitbar ist, die daraufhin den Programmablaufspeicher (PA) als Datenbasis für eine Rückzugsbewegung verwendet, und daß vom Bediengerät (B) die bei der Rückzugsbewegung jeweils erreichten ursprünglich zugrundeliegenden Programmschritte anzeigbar sind.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß während der Rückzugsbewegung durch einen Start-Plus-Befehl wieder die Vorwärtsbewegung ausgelöst wird, wobei von der Steuerung (ST) der Programmablaufspeicher (PA) bis zum Ort des zugrundeliegenden Start-Minus-Befehls als Datenquelle verwendbar ist und daß erst dort eine Rückkehr in das ursprüngliche Programm erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß den Weginformationen die relevanten Nullpunkt- und Werkzeugkorrekturdaten (NPK, WZK) beigestellt werden.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß den Weginformationen richtungsspezifisch wirkende Zusatzinformationen beigestellt werden.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Programmablaufspeicher (PA) jeweils nur zur Speicherung einer begrenzten Anzahl von Weginformationen ausgelegt ist.

5

10

15

20

25

30

35

40

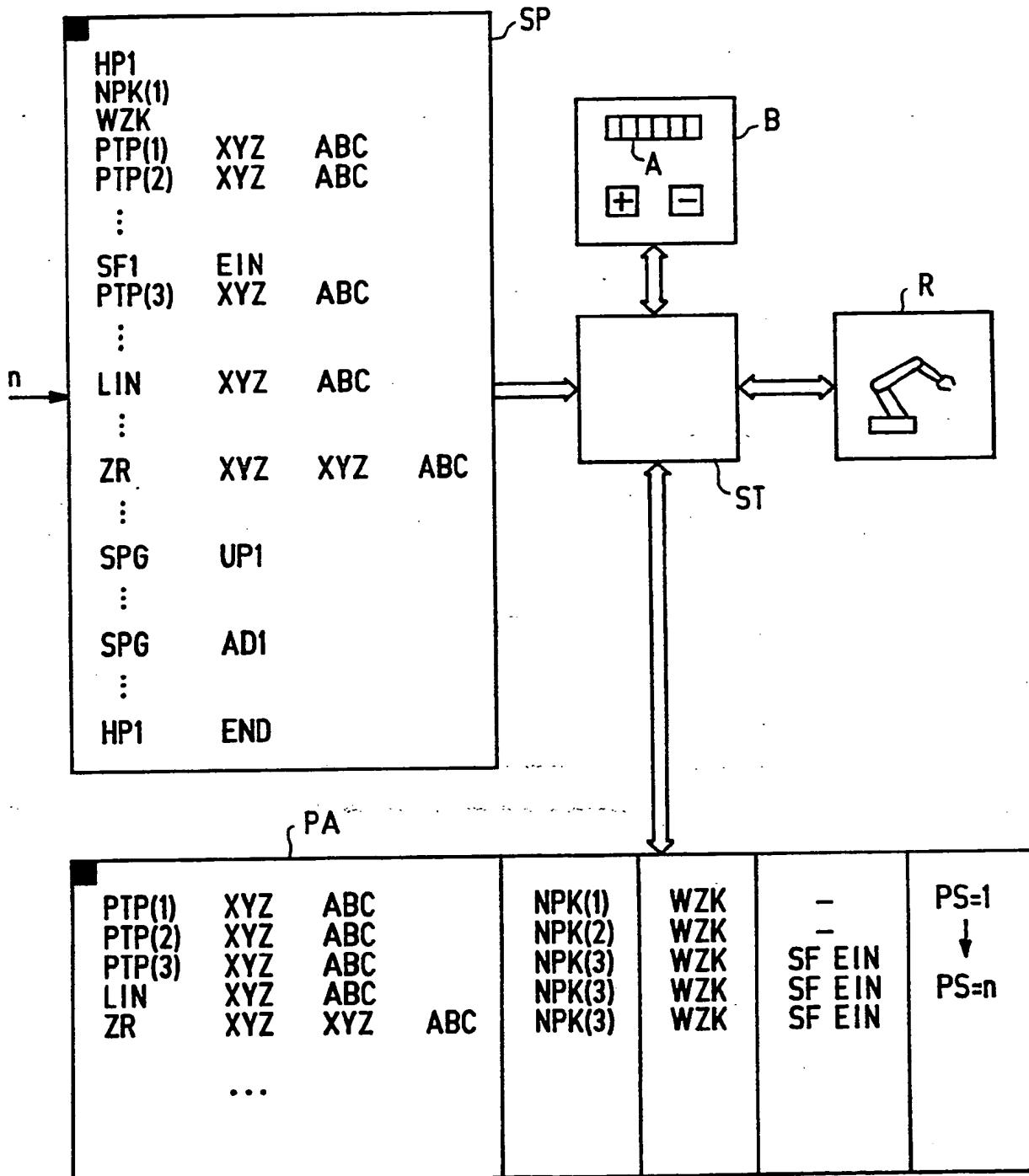
45

50

55

BEST AVAILABLE COPY

3494



BEST AVAILABLE COPY



EP 89 11 9922

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE									
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betritt Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)						
X	US-A-3496805 (ULRICHSEN) * Spalte 1, Zeile 50 - Spalte 1, Zeile 58; Figuren 1-3 *	1, 2	G05B19/405						
Y	GB-A-2176911 (AMCA INTERNATIONAL CORP.) * Zusammenfassung; Figur 8 *	1, 2							
Y	EP-A-144426 (FANUC) * Zusammenfassung; Figur 1c *	1, 2							
A	EP-A-118988 (FANUC) * das ganze Dokument *	1-5							
A	GB-A-2147121 (JAPAX INCORPORATED) * das ganze Dokument *	1-5							
RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int. Cl.5)									
G05B									
<p>Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Recherchenort</td> <td style="width: 33%;">Abschlußdatum der Recherche</td> <td style="width: 34%;">Prüfer</td> </tr> <tr> <td>DEN HAAG</td> <td>28 DEZEMBER 1989</td> <td>RESSENAAR J.P.</td> </tr> </table>				Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	DEN HAAG	28 DEZEMBER 1989	RESSENAAR J.P.
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer							
DEN HAAG	28 DEZEMBER 1989	RESSENAAR J.P.							
<p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur</p>		<p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument I : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>							